

13. Hullámok

A hullám fogalma:

Minden olyan változást (zavart) amely valamilyen közegben tovább terjed, hullámnak nevezünk.

A rugalmas közeg olyan állapotát, amelyben a rezgési energia térben terjed tova, mechanikai hullámnak nevezzük.

Fajtái:

- Csoportosíthatóak kiterjedés és rezgésirány szerint
- 1) rezgésirány alapján:
 - a) *transzverzális:*
 - a részecskék rezgésének iránya merőleges a hullám terjedési irányára
 - hullámhegyek és hullámvölgyek alakulnak ki
 - pl. egy húron terjedő hullámok, vagy a szabad elektromágneses hullámok.
 - b) *longitudinális:*
 - a részecskék mozgása párhuzamos a hullám terjedési irányával
 - sűrűsödések és ritkulások jönnek létre
 - Pl. ilyen a legtöbb hanghullám
 - 2) kiterjedés alapján:
 - a) *1 dimenziós \hat{v} vonal menti hullám (pl.: gitárhúr)*
 - b) *2 dimenziós \hat{v} felületi hullám (pl.: víz felszíni hullámok)*
 - c) *3 dimenziós \hat{v} térbeli hullám (pl.: hang)*

Hullámok jellemzésére alkalmas mennyiségek:

- **Hullámhossz:** két egymáshoz legközelebb eső, azonos fázisú hely térbeli távolsága, melynek jele λ , mértékegysége: m.
- **Periódusidő:** (két szomszédos, azonos fázisú hely időbeli távolsága) egy hullámhossz megtételéhez szükséges idő, jele T , mértékegysége s.
- **Amplitúdó:** a hullám maximális kitérésének nagysága egy hullámcikluson belül. Jele A , mértékegysége általában méter. (hanghullámok esetén azonban nyomásegységben is mérhető.)
- **Frekvencia/rezgésszám:** jele f vagy ν , egységnyi idő alatt végzett rezgések száma.
- **Terjedési sebesség:** a haladó hullám meghatározott fázisállapotának tovahaladási sebessége. Jele c és megegyezik a hullám hosszának és a frekvenciájának szorzatával.
 $c = \lambda/T = \lambda \nu$
- Terjedési irány: A hullámfrontra merőleges irány

Hullámjelenségek: interferencia, törés/visszaverődés, elhajlás

- I. Interferencia:** akkor észleljük, ha a hullámok koherensek, vagyis a találkozásuk helyén fáziskülönbségük állandó. Ha a fáziskülönbség a fél hullámhossz páros számú többszöröse, maximális erősítést, ha a fél hullámhossz páratlan számú többszöröse, kioltást tapasztalhatunk.
- II. Elhajlás:**
 - *Huygens-elv:* A hullámfelület minden pontja elemi gömbhullámok kiinduló pontja és ezeknek a gömbhullámoknak a burkoló felülete adja a tér egy későbbi „P” pontjában észlelhető hullámkitérést.

- Hiányosságai: az elv értelmében a hullámok visszafelé is terjednek, nem magyarázza a széles résen való elhajlást, és az árnyékszót, nincs fizikai jelentése a burkolófelület szónak. Jól magyarázza a keskeny résen való elhajlást, a törés és visszaverődés jelenségét.
- *Fresnel* a burkoló szót interferencia szóra cserélte, amellyel már jól magyarázható a széles résen való elhajlás is.

III. Törés:

- *Snellius-Descartes törvény:*

$$\frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = \frac{c_1}{c_2} = \frac{n_2}{n_1} = n_{2,1}$$
- Az első közeg optikailag akkor sűrűbb a második közegnél, ha $n_{21} < 1$, ellenkező esetben a közeg optikailag ritkább. (Az optikai sűrűség nem esik egybe a mechanikai sűrűséggel).
- Fermat elv: két tetszőleges pont között a hullám azon fog haladni, ami az elképzelhető összes út közül a legrövidebb.

IV. Vonalminti hullámok terjedési jelenségei:

1. Visszaverődés: A hullám a rugalmas közegen végighalad, majd a végeket elérve vissza felé kezd el haladni, visszaverődik.
 - *Szabad vég:* a visszaverődő hullám fázisugrás nélkül, azonos fázisban, verődik vissza.
 - *Rögzített vég:* a hullám visszaverődéskor π (180°-os) fázisugrást szenved, aminek hatására ellentétes fázisban verődik vissza.
2. Törés: A zavar végighalad a rugalmas közegen, s a végeket elérve, egy része behatol az új közegbe, másik része pedig visszaverődik. A hullám az új közegben fázisugrás nélkül halad tovább. Ha a hullám a visszaverődést követően is fázisugrás nélkül halad tovább, akkor az új közeg hullámtanilag ritkább, viszont ha a visszaverődés során π fázisugrást szenved el, akkor az új közeg hullámtanilag ritkábbnak tekintjük.

Állóhullámok: Egy „l” hosszúságú rugalmas közeg mentén folyamatosan beérkező hullámok és a rugalmas közeg végéről visszaverődő hullámok interferálnak egymással. Kialakul egy időben állandó kép, amely jelenséget állóhullámnak nevezzük.

A hang A **hang** térben terjedő **longitudinális** mechanikai hullám. A **hangforrás** egy rugalmas test, vagy közeg, amely egy vele közölt energiát rezgési energiává alakítja. A hang jellemzői:

- **Hangerősség:** a hangintenzitással mérhető, amely a hangforrás által az 1 m² –nyi területre sugárzott teljesítményt jelenti, ezért egysége W/ m²
- **Hangmagasság:** a hang rezgésszámával (frekvenciájával) jellemezhető. (pl. az 1:2 frekvenciaarányú hangok hangköze egy oktáv. Egy oktávon belül 7 lépésben követik egymást azok a hangok, amelyeket fülünkkel egymást természetes módon követő egész hangközöknek (dúr skála) érzékelünk. A zenei hangok frekvenciáinak közös viszonyítási alapértéke a normál a hang, melynek értéke 440 Hz.)
- **Hangszín:** a hangszín annak a következménye, hogy a zenei hangok szinte sohasem egyetlen frekvenciát jelentenek, az alulfrekvencia mellett felharmonikusok is megjelennek.
- **Hangsebesség:** a hang terjedési sebessége a levegőben 330 m/s. Aszerint változik, hogy milyen közegben terjednek a hullámok. Szintén kiszámítható a $c = \lambda \cdot \nu$ képlet alapján.

Rezonancia: ha a kényszerrezgést létrehozó rendszer frekvenciája megegyezik a kényszerrezgést végző rendszer sajátfrekvenciájával, akkor a rezgő test amplitúdója maximális lesz, ez a jelenség a rezonancia. Ha az amplitúdó nagyon nagyra nő, bekövetkezhet a rezonanciakatasztrófa, melyben minél kisebb a csillapító hatás, annál nagyobb a rezonancia. (1940- Takoma - szoros fölötti híd)

Lebegés: Két közeli frekvenciájú hang együttes megszólaltatásakor egy periodikusan ingadozó erősségű hangot hallunk. Ezt a jelenséget lebegésnek nevezzük.

Doppler-effektus: a hullám frekvenciájában és ezzel együtt hullámhosszában megjelenő változás, mely amiatt alakul ki, hogy a hullámforrás és a megfigyelő egymáshoz képest mozog. Pl. ha sípoló mozdony (adó) közeledik egy megfigyelőhöz (vevő), akkor az utóbbi magasabb frekvenciájú hangot hall, mint a vonaton ülő utas. Miután a mozdony elhaladt a megfigyelő mellett, a frekvencia észrevehetően lecsökken.

Az elektromágneses sugárzás: a térben **transzverzális** hullám formájában terjed **fénysebességgel, impulzust** szállítva.

Részecskéi a **fotonok**.

Elméletét James Clerk **Maxwell** skót fizikus dolgozta ki, és írta le az ún. **Maxwell-egyenletekben**.

Az elektromágneses spektrum: nincs alsó – illetve felső hullámhosszhatára. Az emberi szem által érzékelhető tartomány a 380 és a 780 nm közötti.

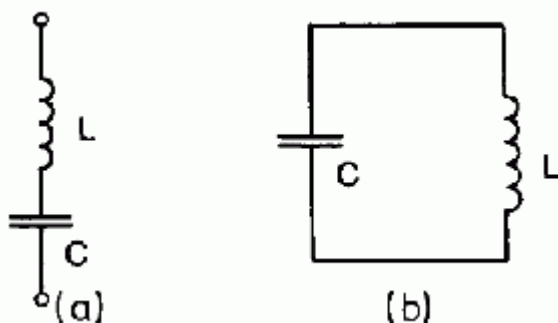
Az ennél kisebb tartományba az **ultraibolya-**, a **röntgen-** és a **gamma**sugárzás tartozik, a 780nm fölötti hullámhossztartományba pedig az **infravörös-**, a **mikro-** és a **rádió**hullámok.

Fénykibocsátás: Magas hőmérsékleten izzó **szilárd** és **folyékony** anyagok által kibocsátott fényben az összes árnyalat megtalálható, színeképük folytonos. Ez a folytonos színekép nem függ a kibocsátó test anyagi minőségétől.

Izzó **gőzök** és **gázok** által kibocsátott fény színeképe a kibocsátó gőzre illetve gázra jellemző, **vonalas emissziós színekép**.

Fényelnyelés: az izzó **gőzök** vagy **gázok** a rajtuk átbocsátott fehér fényből elnyelik azokat a színeket, amiket maguk is kibocsátani képesek. A színeképben megjelennek fekete vonalak. Az **elnyelési színekép** ugyanúgy jellemző az anyagi minőségre, mint az emissziós.

Rezgőkör:



Rezgőkörnek nevezzük a C kapacitású kondenzátorból és az L induktivitású tekercsből álló vezetőkört. Ha a vezetőkörben az ohmos ellenállás elhanyagolható, akkor ideális rezgőkörrel beszélünk. Ha a kondenzátort egyenáramú áramforrásra kapcsolva feltöltjük, akkor a fegyverzetek között elektromos tér keletkezik. Ezt követően a kapcsolót az 1-es helyzetből a 2-be kapcsoljuk. Ilyenkor, ha középállású áramerősségmérő van a körben, az néhány lengést végez. Ez akkor figyelhető meg jól, ha nagy kapacitású és nagy induktivitású tekercsből készül a rezgőkör.